PÁLYATÁRSAK ÍRÁSAI

DR. KERTÉSZ PÁL

egyetemi docens, a műszaki tudományok kandidátusa

Tartalomjegyzék

- Mikor mészkő? Mikor márvány? Közzé téve: 1999. április
- Műemléki kőanyagok földtani-kőzettani elemzésének eredményei. Közzé téve: 2007. július

Mikor mészkő? Mikor márvány?

Szerző: Dr. Kertész Pál egy. docens, a műszaki tudományok kandidátusa

A gránit mellett legismertebb díszítőkövünk, építési kőanyagunk a márvány. E név használata azonban gyakran nem egyértelmű, mert a márvány megnevezést a tudományos kőzettanban definiált márvány kőzet mellett más kőzetekre is alkalmazzák.

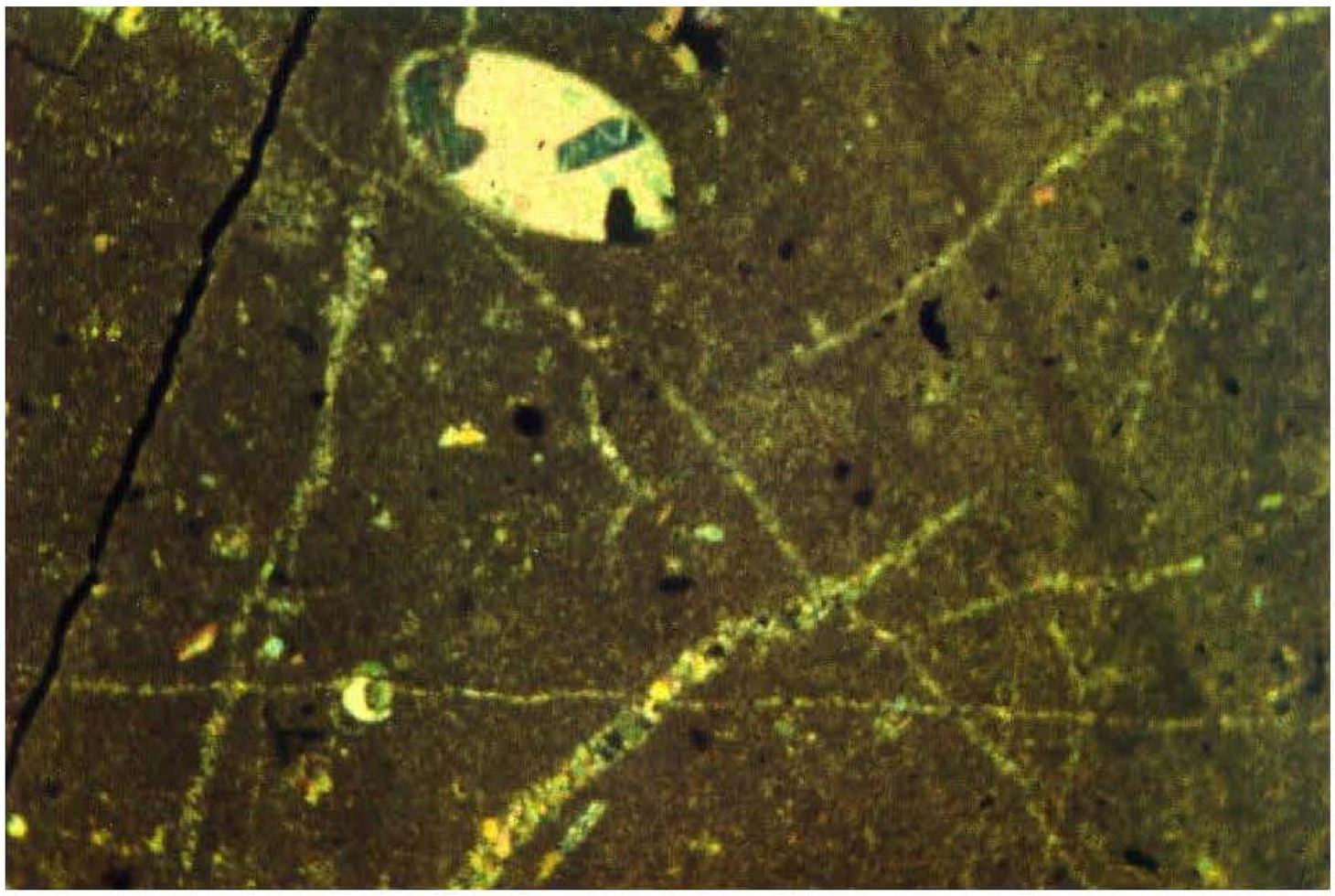
Nézzük először magát a nevet. Eredete az ógörögre vezethető vissza (marmarein = fényleni), abban az időben, azaz a történelmi ókorban (már Homérosznál is) marmarosz-nak neveztek minden fényezhető kőanyagot. A Márvány-tenger elnevezése is: fénylő (csillogó) tenger. A márvány elnevezés évszázadokon, sőt évezredeken át élt, (a kőfaragásáról nevezetes) olasz nyelven ma is gyűjtőneve a fényezhető kőzetfajtáknak. A "Marmi Italiani" (olasz márványok) című könyv is a gránitokkal kezdődik!

A tudományos kőzettan kialakulása során a márvány megnevezést egyetlen fényezhető kőzetre, a (tömött) mészkőből hő és nyomás hatására átalakult (metamorf) kőzetre definiálták és evvel értelmezését szűkítették. Így a márvány szónak kétféle használata ismeretes: a (kőzettani) tudományos és a (szakmai) köznyelvi.

A kereskedelemben és a kőfaragó iparban Magyarországon is gyakran márványnak nevezik a többé-kevésbé fényezhető tömött mészköveket, habár a jelenleg is hatályos, építő- és díszítőkövekre vonatkozó magyar szabványsor (MSZ 18281) a kőzettan tudományos megnevezését alkalmazza. Miután ez gyakran okoz félreértést, nézzük meg, mi a lényegi (és a felhasználás során is fontos) *különbség* a két kőzet között.

A **tömött mészkő** üledékes kőzet (elméleti vegyi összetétele $CaCO_3$), mely általában a nagyobb tömegű állóvizekben eredetileg laza formában, mésziszap-szemcséket, ősmaradvány-(kövület-)töredékeket, valamint más törmelékes szemcséket magába foglalva ülepedik le. Eme, kezdetben nagyon hézagos üledéket, a mésziszapot, durva mészkövet a folyamatosan rárakódó újabb és újabb üledéktömegek tömörítették és végül egy csak kissé hézagos, tömött kőzet alakult ki. Ebben általában a kalcit-ásvány igen kis méretű ú.n. mikro- vagy kriptokristályai figyelhetők meg. E kőzet bizonyos mértékig fényezhető, de a fény a kőzet belsejébe nem tud behatolni, a felszínen elnyelődik vagy a felületről közvetlenül visszaverődik. Mivel a tömött mészkövet alkotó kalcitkristályok keménysége csekély (a Mohs féle, tízfokozatú keménységi skálán 3), ezért elég könnyen faragható. A faragási (vagy

általában a törési) felülete érdes, általában nem figyelhetők meg benne nagyobb. fénylő kristálylapok (1. ábra).



1. ábra. Vörös tömött mészkő fénymikroszkópi képe.
A sötét alapanyag mikro- és kriptokristályos kalcium-karbonát (kalcit), a világos ovális forma ősmaradvány, a világos vonalak kalcittal kitöltött repedések. Az egész kőzet át nem látszó.

A **márvány** a tömött mészkőből keletkezik, úgy, hogy a kőzettömeg környezetének hőmérséklete és/vagy nyomása lényegesen megnövekszik. A kémiai összetétel nem változik meg jelentősen, a márvány elméleti összetétele is $CaCO_3$. Mivel a magasabb energiaszint elősegíti a nagyobb kristályok képződését, a márványban nagyobb, gyakran sok mm-es méretű *kalcitkristályok* figyelhetők meg, szövete kristályos-szemcséssé alakul (2. ábra).

A **kalcit** jellegzetes kristálytani sajátsága a *hasadás*. A hasadás olyan jelenség, amelyet a környezeténél lényegesen alacsonyabb nyírószilárdságú felületek megjelenése jellemez. E hasadási felületek a kalcitban egy romboéder lapjai mentén, illetőleg avval párhuzamosan fordulnak elő (lásd a 2. ábrán az egyenes vonalakat, ezek a hasadási síkok, felületek nyomvonalai). E jelenségnek két, igen fontos következménye van: a ***különleges faraghatóság*** és az ***egyedi fényhatás.***

1. A faraghatóság

A faragással a kőzetben új felület(ek)et állítunk elő. Ha hasadási felület(ek) mentén választjuk le az anyag egy részét, a hasadás-menti szétválasztás nem roncsol és sokkal kisebb energiával

lehetséges, mint a hasadástól eltérő irányban vagy a nem hasadó anyagokban. Emiatt kisebb (pl. vésési) energia szükséges, így a nem szándékolt repedezettség is kevésbé alakul ki. A tömött mészkőben nagyobb hasadási felületek nem jelennek meg. Mivel a hasadási felületek egy romboéder lapjaival párhuzamosak, gyakorlatilag a márványban a tér minden irányában található olyan hasadási felület, amely a szándékolt faragási felülettel megegyezik (2. ábra).

<u>Első különbség: a márvány kevésbé roncsolódik és jobban formálható, mint a tömött mészkő.</u>

2. ábra. Fehér márvány fénymikroszkópi képe, a mészkőével azonos nagyítással.

Jellegzetes márvány, kalcitkristályokkal, a párhuzamos vonalak a kalcit hasadási síkjainak nyomvonalai. A kalcit bizonyos mértékig átlátszó-áttetsző.

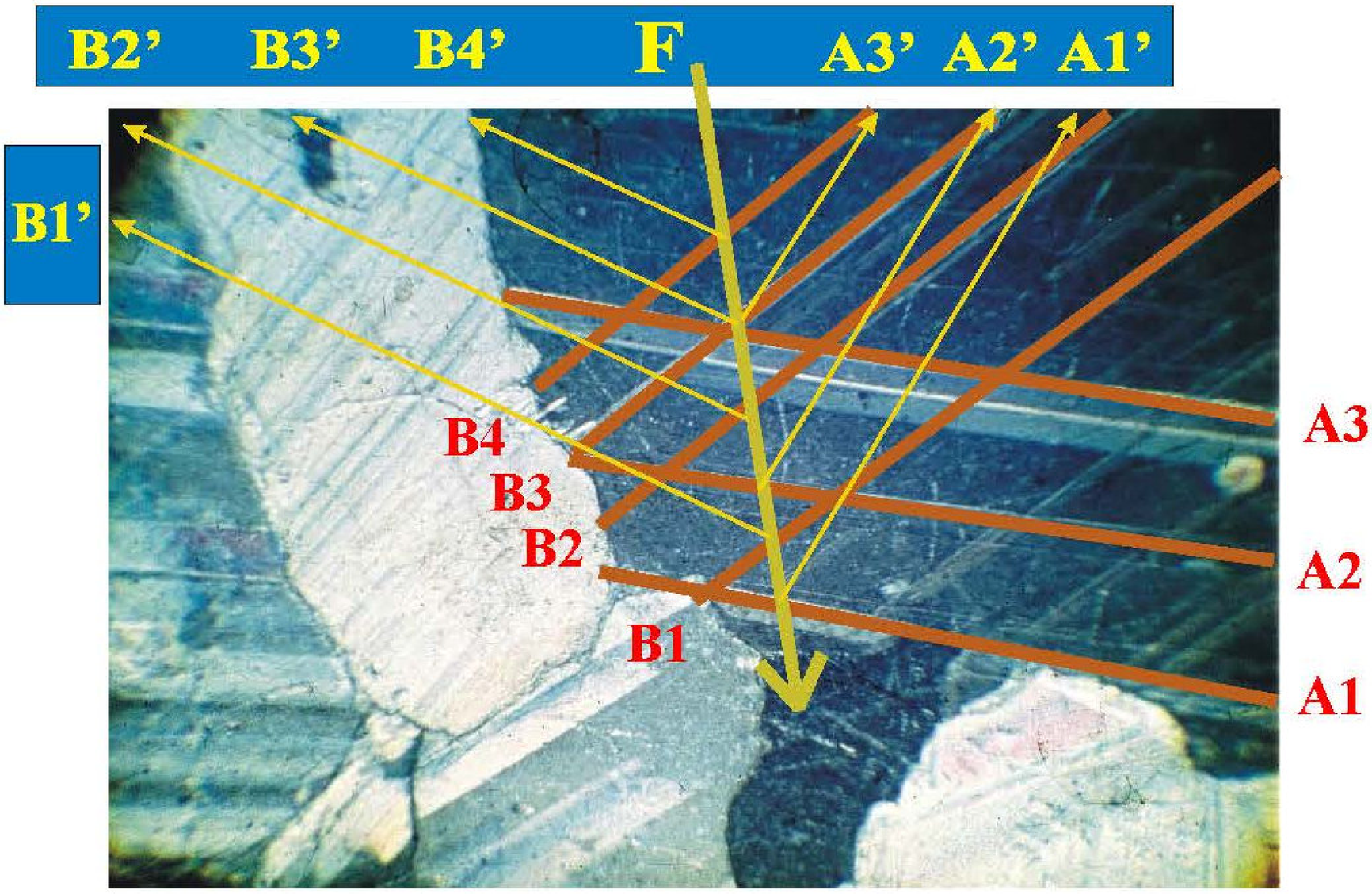
2. Tartósság

A kőzetek tartóssága, időállósága attól is függ, hogy az időjárási hatások roncsolt felületet vagy kristályfizikailag lezárt kristályfelületet érnek. A kristálylapok kémiai ellenállása sokkal jobb, mint a szabálytalan felületeké. Így a márvány faragásával előállott, főleg kristálylapokból álló felület tartóssága is jobb, mint a tömött mészköveké: a márvány faragványok általában tartósabbak.

Második különbség: a márvány időállósága (pl. fénytartóssága) jobb, mint a tömött mészköveké.

3. A jellegzetes márvány-fény kialakulása

A kalcitkristályok a fényben átlátszóak vagy áttetszőek lehetnek. A víztiszta kalcit egykristály üvegszerű megjelenésű. A márványt ilyen kalcitkristályok halmaza alkotja, amelyeket hasadási síkok szántanak át. A márványba behatoló fénysugár a hasadási felületekről részben visszaverődik és a különböző mélységekből visszavert fény egy jellegzetes fénytani hatást okoz. Ez a jellegzetes márványfény (3. és 4. ábra).



3. ábra. A márványfény kialakulása a márvány kalcit-kristályaiban
(a 2. ábra mikroszkópi képe alapján).

F beeső fénysugár.

A1, A2, A3: “A” hasadási irány párhuzamos nyomvonalai.

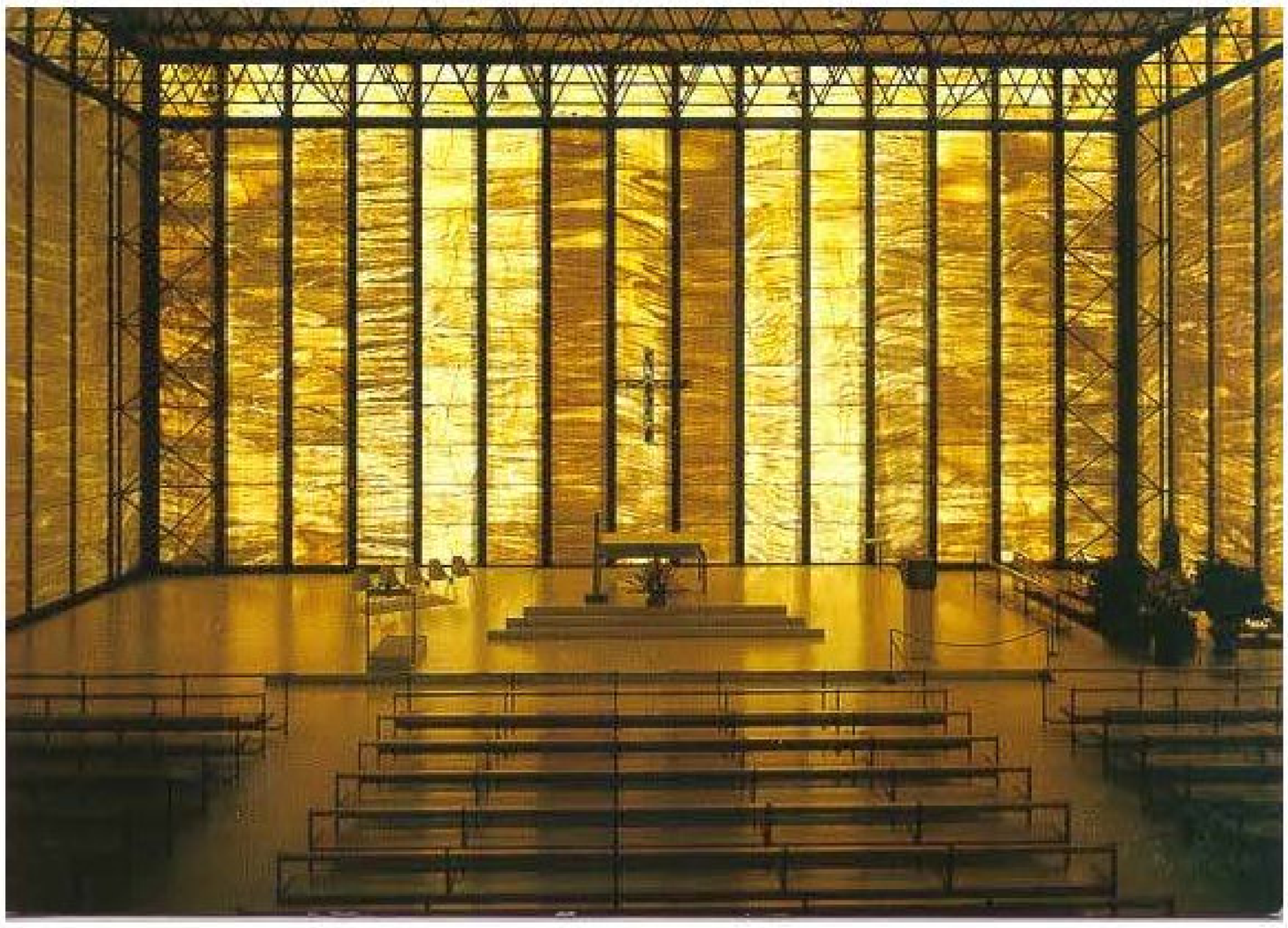
B1, B2, B3, B4: “B” hasadási irány párhuzamos nyomvonalai.

Az F beeső fénysugár (a levegő-ásvány közötti fénytörést nem ábrázolva) a hasadási síkokról részben visszaverődik, részben (gyengülve) irányváltoztatás nélkül továbbhalad.

A1’, A2’, A3': visszavert fénysugár az A síkokról, B1', B2’, B3’, B4’: visszavert fénysugár a B síkokról.

Az így kialakuló, fényszóródás-szerű jelenség a *márványfény*.

Saját magunk is meggyőződhetünk a márvány és a mészkő fénytani különbözőségéről. A márványon erős fényben nagyobb (akár 3 cm-t is elérő) vastagságú rétegen keresztül is megfigyelhetjük a fényhatást. Ezt használja fel a modern építészet, például az áttetsző falú, ablakmentes épületek (pl. a Meggen-i templom, Svájc, 4. ábra) készítésénél. Egy akárcsak 5 mm vastag mészkőlemez teljesen fényzáró, át nem látszó.



4. ábra. Ablaknélküli, a márvány áttetszőségét felhasználó templom (Meggen, Svájc)

E fényhatást semmilyen más kőzeten sem észlelhetjük ilyen módon. Kissé hasonlít csak a kristályos, szintén hasadó gipsz, az *alabástrom* fényjelensége. Mivel azonban az alabástrom-ásvány szilárdsága a kalciténál csekélyebb (keménysége a Mohs skálán csak 2), és előfordulása jóval ritkább, leginkább csak dísztárgyak anyaga, az ókori Egyiptomban szobrokat piramis-borítást is készítettek belőle. Nagyobb lapjait ablaktáblaként használták (pl. az ókeresztény ravennai templomokban).

Harmadik különbség: a márvány különleges fényhatása a tömött mészkövön nem észlelhető.

4. Következtetés

A fentiekből láthatjuk, hogy a kőzettan márvány és tömött mészkő megnevezésű kőzetanyaga kőzetfizikai sajátságaiban és felhasználási jellegében lényegesen eltér.

A köznyelv és a kereskedelmi nyelv gyakran nem választja el a kettőt. E félreértéseket elkerülendő az építési kőanyagok magyar szabványai egyértelműen a kőzettani meghatározást

tekintik érvényesnek. Lehet, hogy a kőzettani tudomány valamikor helytelenül járt el a megnevezés megválasztása, alkalmazása során, de ez ma már nem változtatható meg. Így nem kerülhetjük el azt, hogy a márvány névvel való találkozáskor ne tisztázzuk, hogy annak kőzettani-tudományos, vagy kereskedelmi, köznyelvi megnevezését látjuk-e.

Helyesnek minden szakmai szövegben a kőzettani nevezéktan tekinthető. Így például a magyar művészettörténelemben gyakran szereplő *magyar vörösmárvány* a kőzettani megnevezés szerint *vörös tömött mészkő* (gyakran piszkei, tardosi megnevezésű), viselkedése is a mészkőnek felel meg.

A (kőzettani, igazi) márvány tehát más minőségi kategória, mint a mészkő; az elnevezéshez a tudomány nem öncélúan ragaszkodik.

Dr. Kertész Pál tanár úr írása válasz egy régi kérdésre.

Márvány vagy mészkő? A kérdést - amely húsz éve munkálkodik bennem, és amelynek szakszerű megválaszolásáért most *dr. Kertész Pál* tanár úrnak köszönettel tartozunk - nyilvánosan először 1980-ban, olvasói levél formájában a „Magyarország” című hetilapban tettem fel:

Márvány vagy mészkő

„Szükségesnek tartom a Magyarország 1980/10. számában megjelent »A márvány, ha magyar« című cikk néhány tévedésére felhívni a figyelmet. A szerző a siklósi, tardosi, süttői, budakalászi díszítőköveket márványnak nevezi, pedig az első kettő tömött, a másik kettő pedig édesvízi mészkő. Hazánkban említésre méltó márványelőfordulás a Rakaca környékén kívül alig akad. Így kizárt, hogy a Központi Földtani Hivatal több száz márványlelőhelyet talált volna. Az átértékelés mögött az a régi, rossz kereskedelmi szokás állhat, amely a díszítőköveket esetenként értékükön felüli, hangzatosabb kőzettani névvel jelölte. Erre ma már semmi szükség nincs. A márvány metamorfózis hatására módosult mészkő, amelynek szövete — ellentétben az eredeti kőzetével — kristályos. Anyagszerkezeti adottság tehát, hogy a márvány kisebb nyomószilárdságú, csekélyebb kopásállóságú, így könnyebben megmunkálható, de esztétikusabb is, mint a mészkő."

DR. KAUSAY TIBOR, BUDAPEST

MAGYARORSZÁG
1980/15
31

Helyénvaló, ha az olyan kereskedelmi, kőfaragó ipari szövegben, ahol a fényezhető, tömött mészkő terméket piaci megfontolásokból és a kialakult szokásokra hivatkozva márvány néven nevezik, a kőanyag jellemzése során nem hallgatják el, hogy a megnevezés voltaképpen mészkő terméket takar.

Erre a helyeselhető és követendő gyakorlatra hazai és külföldi példát is bemutatunk:

1970. évi kiadás, részletek az 1/11 és 1/13 oldalakról.
A szócikkek szerzője: Kausay Tibor

Siklósi színes tömött mészkövek

Az anyag leírása

A tengeri eredetű siklósi tömött mészkő különböző színekben fejthető, és változatos színei alapján nyerte elnevezését.

Siklósi zöld márvány: barnászöld mészkő fehér és barna erekkel, foltokkal.

Siklósi sárga márvány: sárgásbarna mészkő fehér és vörös erekkel.

Siklósi rózsa márvány: rózsaszínű mészkő sárga és barna erekkel

Gyakori előforduláskénta halványrózsa színárnyalatú kőre is felhívjuk a figyelmet.

Nyomószilárdsága: 800—1500 kp/cm²

Testsűrűsége: 2700—2800 kg/m³

Tardosi vörös kemény mészkő

Az anyag leírása

Tengeri eredetű, egységes szövetű, tömött mészkő. Tulajdonságai és megjelenése következtében márvánnyal egyenértékű anyag, ezért vörös márványnak is nevezik. Nagykiterjedésű lapokban, de kis rétegvastagsággal (15—35 cm) fejthető.

Három változatban kapható: sárga (bányahegyi sárga), világos (Hungária) és sötét vörös (Danubia) alapszínben, sötétebb, illetve világosabb térképes színárnyalatokban.

Nyomószilárdsága: 1000—1500 kp/cm²

Testsűrűsége: 2600—2700 kg/m³

Lahn-Marmor-Museum

http://www.naturstein-netz.de/lahn-marmor-museum/geologie.htm

Lahnmarmor - Fenster in das Devon

(Geologie und Bedeutungsgeschichte des Lahnmarmor)

Szerző: Klaus GELBHAAR

Részlet a Web-oldalból:

„Auch heute noch stößt man immer wieder einmal auf Erstaunen, wenn man erwähnt, daß in Deutschland Marmor abgebaut wird. Zu groß ist die wirtschaftliche Dominanz des italienischen, der klassische Ruf des griechischen Marmors. Aber gerade der Lahnmarmor, der im Bereich von Villmar ansteht, etwa 10 km östlich von Limburg und der A3, ist ein überzeugendes Beispiel für die interessanten Besonderheiten und die reiche Vielfalt, die dem mitteleuropäischen Marmor einen ganz eigenen Rang verleihen.

Geologisch gesehen, ist der Lahnmarmor eigentlich gar kein Marmor, sondern ein polierfähiger Kalkstein. Er hat eine Phase nicht durchlaufen, die den carrarischen und pente-lischen Marmor erst zu Marmor gemacht hat: die Phase, in der der Kalkstein tief in die Erdkruste hinabgedrückt und dort unter hohem Druck und hoher Temperatur homogenisiert und kristallisiert wurde; Lahnmarmor ist kein kristalliner Marmor. Dafür freilich hat der Lahnmarmor seine reiche Farbigkeit und Zeichnung behalten, die bei diesem Prozeß zerstört worden wären. …"

Olvastunk olyan, népszerű folyóirat cikket is, amelynek szerzője mondanivalójának hitelét azzal is fokozta, hogy az építéshez felhasznált - egyébként sokszor márványnak nevezett - mészkő termékeket helyesen, mészkőnek nevezte:

HOMLOKZAT-REKONSTRUKCIÓ

KŐ-GIPSZ

1999. januári szám, 4. oldal

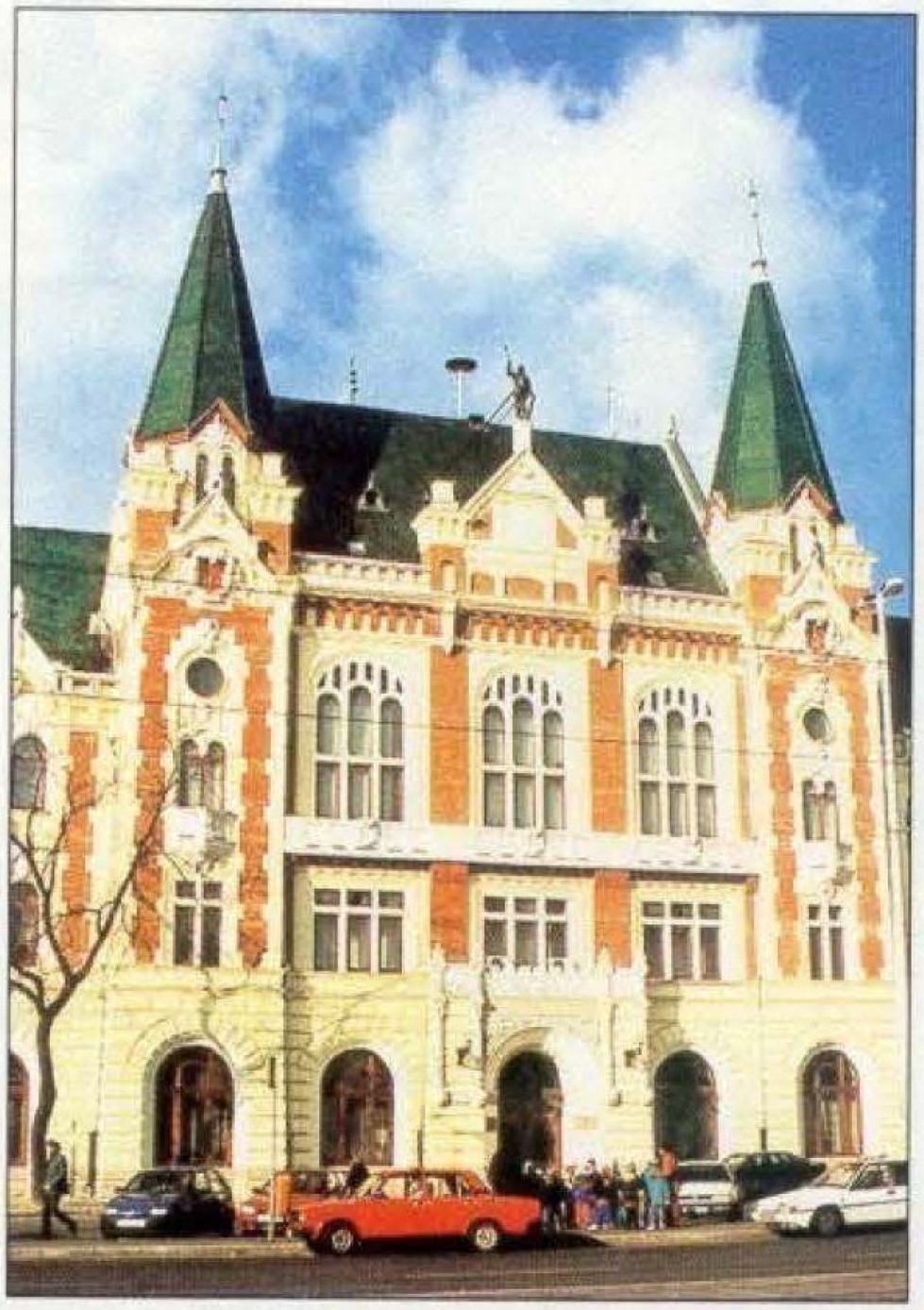
Szerző: Helo László

- Részlet a folyóirat cikkből -

Az utolsó helyreállítás során minden homlokzati felületet párazáró, bőrszerű homlokzatfestékkel vontak be, meggátolva a vakolatok légzését.

Első lépésként a teljes homlokzatfelületet JOS-eljárással (nedves szemcseszórás) megtisztították. A törött elemeket újracserélték. Az attikánál a pótlásokhoz horvátországi karszti kemény mészkövet, a főbejárat szobrászdíszeinek újrafaragásához süttői mészkövet, az egyéb homlokzati díszítményekhez pedig speciális finombeton öntvényeket alkalmaztak. A helyszínen vett minták alapján az ÉP-KŐ Kft. szobrászai újrafaragták az elemeket, illetve új működőelemeket öntöttek. Az újra összeépítésnél rozsdamentes fém kötőelemeket alkalmaztak.

A még helyreállítható díszítményeket a helyszínen Terzith, Monulit, illetve egyedi összetételű működőkeverék anyaggal, vörösréz tüskézéssel-huzalozással restaurálták. A tardosi vörösmészkő lábazatok bontás, üzemben történt felújítás és átalakítás után speciális lábazati szigetelésre, átszellőztetett kivitelben kerültek vissza helyükre. Helyreállították a korábban megszüntetett lábazati padkába épített pincei szellőzőket is. A nyugati homlokzaton ismét elhelyezték a II. világháború után eltávolított szobrászdíszes szemöldökdíszeket az I. emeleti ablakok fölé.



A folyóiratcikk a Hegedűs Ármin és Böhm Henrik által tervezett, 1898-1900. között épült Újpesti Községháza 1997. évi helyreállítási munkáit ismerteti.

Dolgozatában *dr. Kertész Pál* tanár úr már említette, hogy megnevezésbeli visszássággal nemcsak a mészkövek, hanem - bár ritkábban, de - más építőkövek esetén is találkozni lehet. Legkézenfekvőbb példa erre a szanda-hegyi andezit, amelyet - lehet, hogy a nagyszemű földpátok jelenléte miatt is, - főképp régebben gránitnak neveztek. Az ezzel kapcsolatos termékismertető oldal bemutatásra kerülő részlete a „Noteszlap"-unk utolsó példája:

TK	Magyar Építőipari Katalógus	Építőanyagok

1970. évi kiadás, részlet az 1/7 oldalról.
A szócikk szerzője: Kausay Tibor

Szandai fekete andezit

Az anyag leírása

A nógrádkövesdi Szanda-hegy piroxén-andezitje tömött, érdes szövetű, fagyálló anyag. Fekete alapanyagában csillogó ásványok is megjelennek.

Nemes tulajdonságai folytán a kereskedelemben gránitnak is szokás nevezni. Egyik legértékesebb feltárt hazai kőanyagunk.

Nyomószilárdsága: 1500—2000 kp/cm^2

Testsűrűsége: 2800—3000 kg/m^3

Forrás: http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/geokem/muemlek.html

A Szerző engedélyével

Műemléki kőanyagok földtani-kőzettani elemzésének eredményei

Dr. Kertész Pál

(1997)

A műemléki kőanyagok – amelyek sorába ezen elemzés szempontjából a műemlékeken, történelmi építményeken elhelyezett vagy azokról származó építő- és díszítőkövek, valamint az építmények közvetlen (például alapozási) kőzetkörnyezete tartoznak – régóta tárgyai a részletes földtani-kőzettani elemzésnek. Ilyen irányú kutatásokat a kőzettan korai szakaszából is ismerünk. E kutatások során a kőzettan számos kutatási eredménye vált ismeretessé, előbbre víve az adott műemlék ismeretét, valamint a földtudományok több részét is. Kevésbé köztudott azonban, hogy ezen elemzések olyan eredményeket is előhozhatnak, amelyek már nem tartoznak a földtudományi ismeretek körébe, és hasznos, bizonyos esetekben döntő ismereteket is feltárhatnak. A következőkben egy néhány, ilyen jellegű kutatás, illetőleg probléma részleteit kíséreljük meg áttekinteni.

A műemléki kőanyagok elemzésétől eleve elvárjuk, hogy közvetlen földtani-kőzettani adatok mellett

- a műszaki tulajdonságokra,
- a földrajzi adatokra,
- a műemlékek védelmével, fenntartásával kapcsolatos kérdésekre

választ adjanak, de bizonyos esetekben lehetőségünk nyílik

- a kulturális adatokat és összefüggéseket,
- a történeti összefüggéseket

megismerni, vagy más érdekességekre következtetni.

A kőanyagok ilyen elemzését több szempont alapján is végezhetjük, amelyeket hozzávetőleges teljességgel a következőkben foglalhatunk össze:

1. Az építmény (műemlék) helykiválasztása, evvel a kőzetkörnyezet kijelölése
2. Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet közvetlen összefüggései
3. Az építőkövek főbb kiválasztási tulajdonságai:

   tömbméret,
   teherbírás,
   megmunkálhatóság,
   szín, fény,
   esztétikai, ideológiai tartalom

4. A beépített kőanyagok származása:

   az elsődleges és másodlagos felhasználás elválasztása
   kataszterezések:
   kataszterezés kőtári kőelemek alapján,
   kataszterezés a műemlékeken beépített kőanyagok alapján,
   kataszterezés a kőbányák alapján,
   egyedi származás-kutatás (a mértékadó földrajzi tartományban)

5. Jelenlegi (a műemléken változott) tulajdonságok és azok megőrzése vagy javítása

mesterséges behatások
mállási folyamatok:
főleg fizikai folyamatok és következményeik,
főleg kémiai folyamatok és következményeik,
beavatkozási lehetőségek:
kőpótlás,
tisztítás,
kezelés

A fenti szempontok általában együttesen jelentkeznek és kizárólag az osztályozás áttekintése céljából választhatók el egymástól. Így például a teherbírás, a faraghatóság, a származás és a kővédelem egyetlen kutatási tevékenységbe fonódik össze. Az áttekintésnél azonban egyes példákat kell figyelembe vennünk.

---

1. A műemlék helykiválasztása

A helykiválasztást sok esetben a földtantól távol álló követelmények döntik el, más esetben a megfelelően teherbíró kőzetkörnyezet kiválasztása egyértelműen igazolható. Bizonyos esetekben azonban a helykiválasztás indokait nem tudjuk megállapítani, feltételezhetünk azonban földtani okokat is.

Példánk a mindnyájunk által ismert angliai *Stonehenge,* amely a helykiválasztás mellett a kőkiválasztás szempontjából is különlegesség. Az együttes szentély vagy csillagászati obszervatórium (esetleg mindkettő), amely a történelemelőtti időkből származik, mintegy 5000 éves. Az építmény két építési periódusa között körülbelül 500 év telt el, az írásbeliség előtti időszak ellenére az új szerkezetet pontosan a régi helyére építették, ugyanavval a középponttal. Az első periódus nehezen faragható „kék" gránitoidját (*1. fénykép*) legalább 200 km távolságból szállították. Habár e tömbök lényegesen kisebbek, mint a későbbi szürke homokkő 50 tonnás elemei, a szállítás – még kerék nélkül – igen nagy műszaki teljesítmény volt. E homokkövek sokkal közelebbről származnak, jól faraghatók. Mostanáig nincs ismeretünk arra, hogy miért választották először a „kék" gránitot. A gránit általában a különböző kelta oltárok, áldozati kövek anyaga. Volt ennek valamilyen ideológiai előírása?

1. fénykép. A Stonehenge kőanyagai: a földön fekvő kisebb tömbök gránitból, a nagyobb tömbök homokkőből állnak

2. fénykép. A Stonehenge együttese

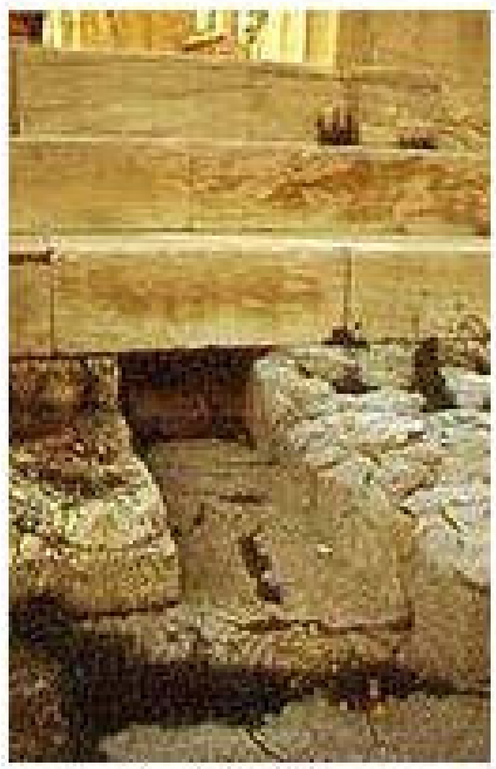
Még kevésbé tisztázott a helykiválasztás. A kérdéses terület (*2. fénykép*) nem fekszik csúcson, itt sohasem volt forrás, nem ismeretes más természeti jelenség sem. A legutóbbi geofizikai eredmények azt a sejtést ébresztették, hogy talán egy geoelektromos anomália jelölte ki a helyet. Lehet. Úgy látszik, még további kutatások szükségesek ennek tisztázására.

---

2. Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet közvetlen összefüggései

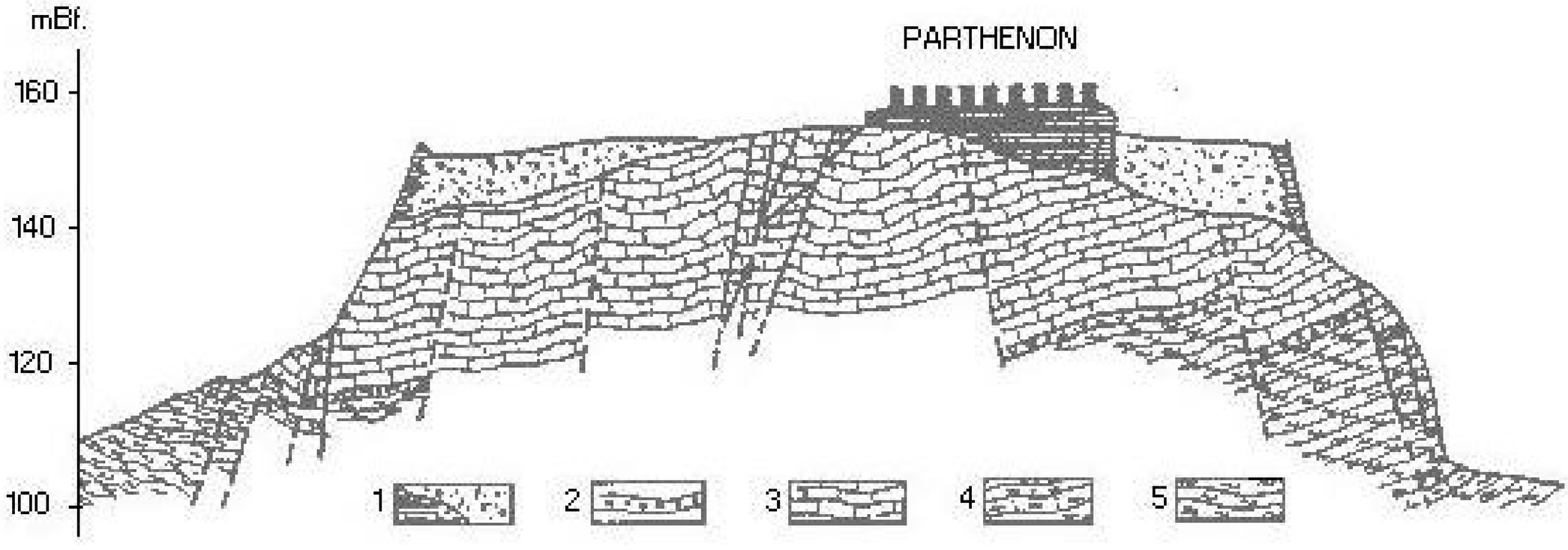
Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet kölcsönhatása szabja meg egy építmény állékonyságát és így a kőzetkörnyezet bizonyos mértékig megszabja az épület szerkezeti kialakítását is.

3. fénykép.
A Parthenon az athéni Akropoliszon

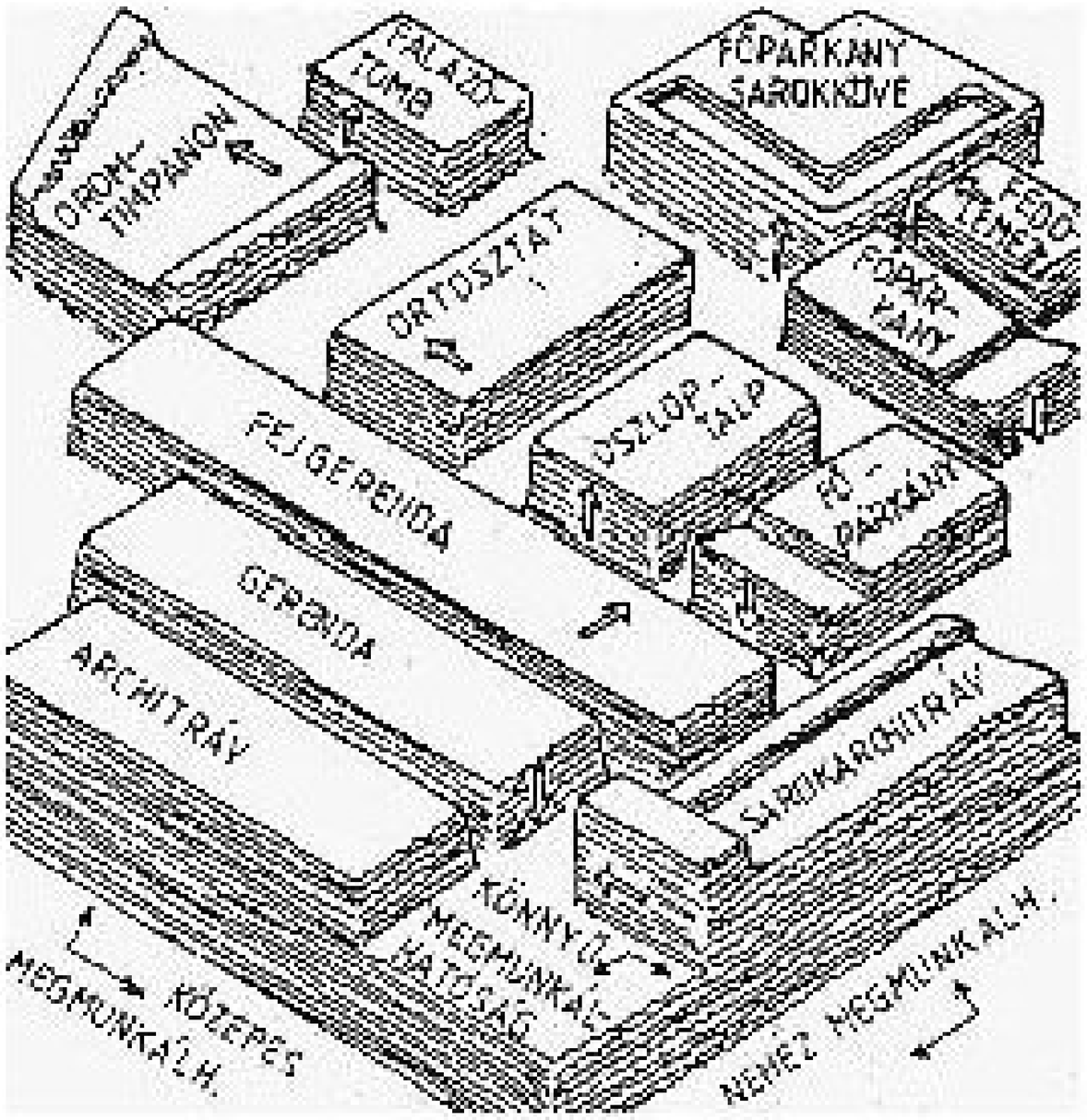


4. fénykép.
A Parthenon alapozása: márvány-tömbök a szálban álló tömött mészkövön

Az *athéni Parthenonon* (*3. fénykép, 1. – 2. ábra*) több jelenséget is megfigyelhetünk. A Parthenon az *Akropoliszra* épült, amely tektonikus sasbérc. Eredeti – épület elhelyezésére alkalmas – területe nem tette lehetővé az athéniek igényeit kielégítő méretű templom építését. Ezért felszínét megnövelték. Ez az általában feltöltésnek nevezett bővítés azonban a Parthenon alatt inkább egy nagyméretű, 14 m mélyre lenyúló alaptestnek tekinthető: a mezozoos tömött mészköveket az újkori ún. pireuszi durva mészkő tömbjeivel egészítették ki. Ezt a kőzetet – párnaelemnek – akkor is alkalmazták, amikor a felszíni tömött mészkő a teherbírásra közvetlenül alkalmas volt. A nagy alakváltozás-képességű durva mészkő ekkor a terhek elosztására szolgált (*4. fénykép*). Az épületszerkezetet úgy alakították ki, hogy a kőzetkörnyezet különbségei semmilyen káros jelenséget nem okoztak a Parthenonban.



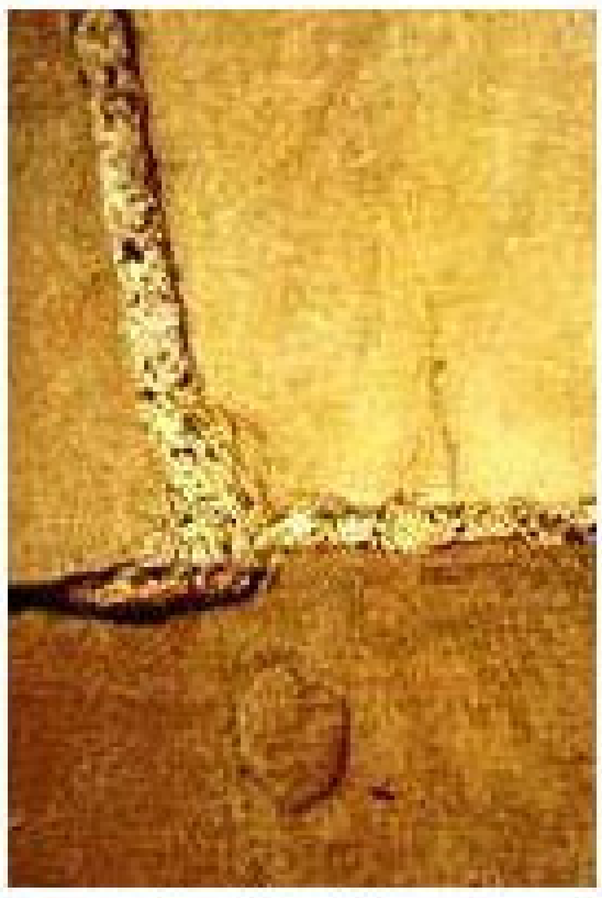
1. ábra. Az athéni Akropolisz földtani szelvénye



2. ábra. Az ókori pentelikoni (mai pendeli) bánya tagoltsági rendszere. A Parthenon megfelelő szerkezeti elemeit a munka-minimum és a kőveszteség-minimum elve alapján alakították ki

---

5. fénykép. Földrengés okozta elmozdulás a Parthenon eredeti falazatában



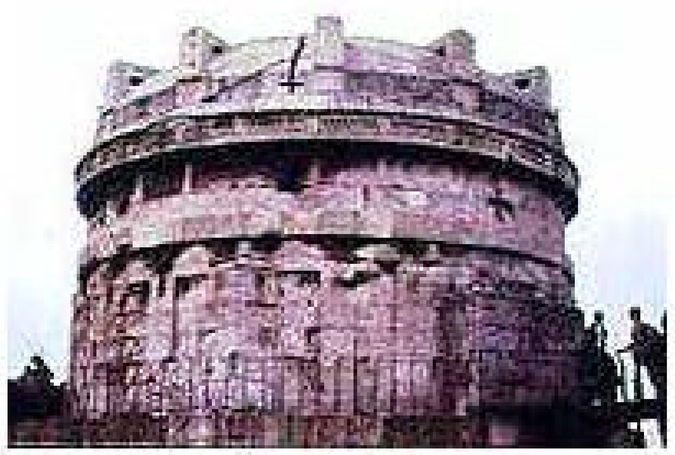
6. fénykép. Az 5. fényképen láthatóhoz hasonló elrendezésű falazat a frank építési periódusból

3. Az építőkövek főbb kiválasztási tulajdonságai

Az építőköveket a kornak megfelelő célszerűségi szempontok szerint választották ki. E szempontok összessége és gazdaságossága döntötte el, hogy honnan és milyen kőanyagot használtak fel.

Alapvető tényező mindenkor a kőanyag önszilárdsága; ehhez járultak a különböző egyéb sajátságok.

7. fénykép.
Félbehagyott Apolló-szobor Naxos szigetéről



8. fénykép.
Nagy Teoderik mauzóleuma Ravennában

9. fénykép.
Konstantinápolyba (a mai Isztambulba) szállított egyiptomi obeliszk

A *tagolatlan tömbméret* teszi lehetővé a megfelelő monolit elem kialakítását. Nagyobb szobrok, oszlopok kialakítása kevéssé tagolt vagy tagolatlan kőelőfordulást igényel. Tagolatlan márványból kezdték kialakítani *Naxos szigetén Apolló* szobrát (*7. fénykép*), amely félig készen maradt ránk, mert egy rejtett tagoló felület mentén az orr egy része levált.

Hasonlóan nagyméretű tagolatlan tömb volt szükséges az isztriai tömött mészkő (ún. karsztmárvány) bányájában *Nagy Teoderik ravennai mauzóleuma* legalább 300 tonnás fedőelemének kialakításához (*8. fénykép*). A tömböt – úgy tűnik – készre faragva szállították az Adria túlpartjáról. Valószínűleg hajón, bár a szállítás részleteit nem ismerjük. Feltehetjük azonban, hogy a monolit „fülek" a szállítás érdekében készültek.

Közismertek a tagolatlan tömbből faragott *egyiptomi* obeliszkek, ezek a leglátványosabb képviselői a monolit kőszerkezetnek (*9. fénykép*).

Az eddigi tömbök részben nehezen faragható kőanyagokból (gránit, tömött mészkő) készültek, a *márvány* speciálisan faragható és különleges fényű. Ennek oka az, hogy a márvány kalcitkristályait méretüknél fogva jól kifejlett hasadási felületek harántolják. A romboéder-felülethez kötött hasadás gyakorlatilag a tér minden irányában könnyű és kevés ütőmunkával járó faragást tesz lehetővé úgy, hogy az új felület kristálytani – és ezért tartós – felület. A márvány fénye viszont abból adódik, hogy az áttetsző kalcitkristályokba jutó fény fokozatosan visszaverődik a hasadási felületekről. Így az 5 cm-t is elérő mélységekből visszaverődő fénysugarak a márványnak minden más kőanyagtól eltérő *„márványfényt"* kölcsönöznek. A görög művészet eleinte (nagyjából a Kr.e. 6. századig) csak a jó faraghatóság miatt kedvelte a márványt, az 5. századtól kezdve a görög szobrokon már tudatosan alkalmazták a fény ilyetén játékát.

Faraghatóság szempontjából különlegesek az *indiai homokkövek*. Ezek a nagy szilárdság ellenére olyan finom faragási technikát engednek meg, ami másutt elképzelhetetlen (*10. fénykép*). A nagy szilárdságot bizonyítja a világon leghosszabb homokkő-gerenda (4,5 m), aminek a faragása is különlegesen finom (*11. fénykép*).

10. fénykép.
Homokkő rács a háremablakon
(Fatehpur-Szikri, India)

11. fénykép.
4,5 m hosszúságú homokkő gerenda
Indiában (Fatehpur-Szikri)

A faragás finomságát az indiai mesterek máig ismert igen nagy türelme mellett talán az is elősegítheti, hogy az egyébként kovás kötésű homokkövekben viszonylag sok a szericit-csillám, ami hasadásával elősegíti a faraghatóságát, de időálló felületet képez (*12. fénykép*).

12. fénykép.
Friz az indiai Kajuraho egyik templomán

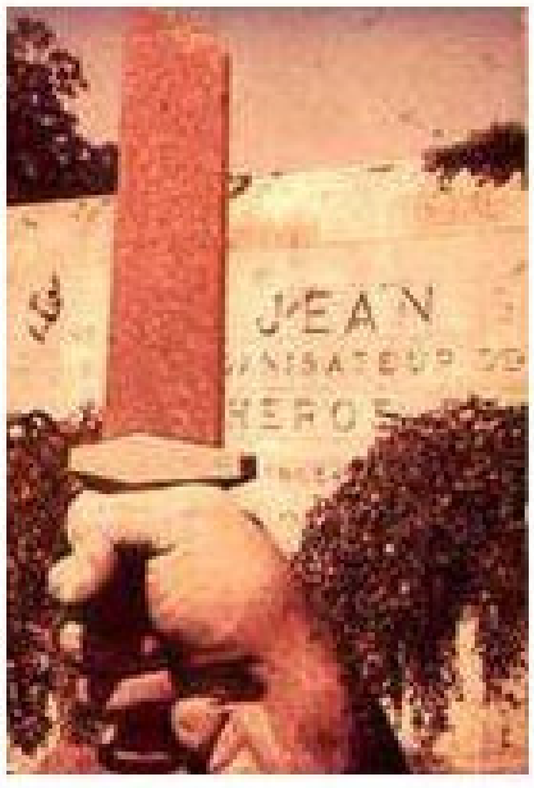
A kiválasztásnál sok esetben játszik szerepet egy *kőzet színe, tarkasága,* illetőleg *fényezhetősége.* A kőzetek színe és fénye (fényessége) összefüggő sajátságok: legteljesebb a szín tökéletesen fényes felület esetén. Bizonyítható, hogy a fény csökkenésével (az érdesedéssel) a szín telítettsége fokozatosan csökken. Jól látható ez a gerecsei *(piszkei) vörös tömött mészkövön* (az építészettörténet „magyar vörös márványán"). A kőzet mélyvörös színe friss, fényes felületén igen jól látszik (*13. fénykép*). A kőzet oldhatósága és agyagtartalma viszonylag gyors (éveken belüli) érdesedéshez vezet az időjárás hatásának kitéve. Jól látható ez a *székesfehérvári Országalma-emlékműven* (*14. fénykép*). Az érdesedés utáni csiszolódás szín-visszaállító hatását megfigyelhetjük *Ferrarában* (*15. fénykép*), ahol az érdessé vált (felületén kissé mállott) mészkő visszanyerte eredeti színét ott, ahol a rajta igen gyakran (jutalomból) lovagló gyerekek lecsiszolták. A kőzet-szín valamilyen felületi kezeléssel is helyreállítható. A *13. fénykép* kútkávája a fényképezés előtt épen olyan elszíneződött volt, mint az országalma, de közvetlenül a fényképezés előtt (az 1960-as években) disznózsírral kenték át.

13. fénykép.
Eredeti Mátyás-kori kútkáva a visegrádi palotából

14. fénykép.
Országalma Székesfehérvárott (1938)

15. fénykép.
Oroszlán, Ferrara

Hosszú időn át folyt vita és folytattak kutatásokat a *színvesztés* természettudományos magyarázatára, de semmilyen vegyi vagy egyéb kristálytani elváltozást nem sikerült evvel kimutatni. Az érdesedés viszont egyértelmű és ismételhető bizonyítékkal szolgált.

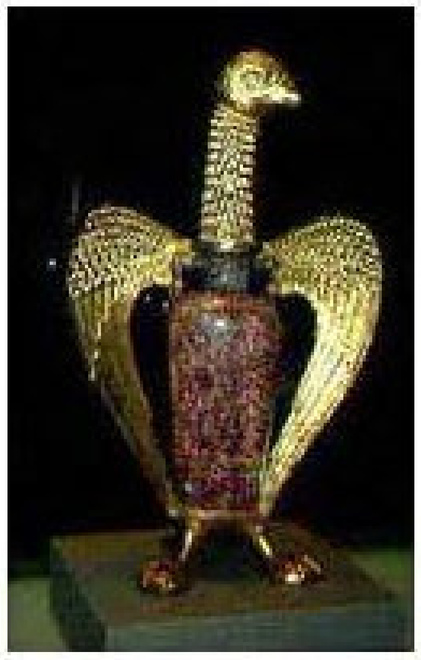


16. fénykép.
Jean Moulin emlékműve, Chartres

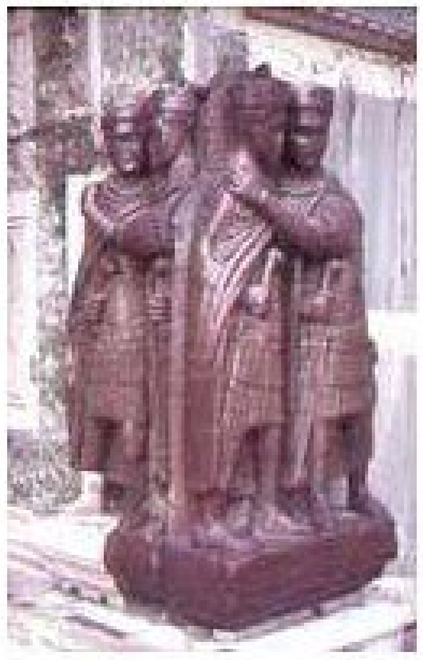
Hasonló jelenséget figyelhetünk meg *Moulin chartres-i emlékművén*. A szobor egyfajta kőből készült. A színbeli különbség csak abból adódik, hogy a kéz és a markolat durva (érdes) felületi megmunkálású, a kard pengéje pedig fényezett (*16. fénykép*).

A szín más vonzatával is találkozhatunk. Ismeretes az ókor óta egy vöröses színű kőzet, amelyet olasz kőfaragó nevén *„porfido rosso antico”*-nak emlegetnek. A név az összes kőzettani „porfír” elnevezés forrása, szótári értelmezése szerint inkább *„bíborkőnek”* nevezhetnénk. Ez a kőanyag andezites összetételű kőzet, egyetlen bányája ismeretes a mai *Egyiptomban*. Az ókortól kezdve gyakran alkalmazták a mediterrán kultúrkörben, minden esetben valamilyen császárral, uralkodóval kapcsolatban (*17., 18. és 19. fénykép*). *Nagy Teoderik ravennai szarkofágja* porfír anyagú császári fürdőkád, Konstantinápolyban a koronázáskor a császár helye egy porfír körlap (rota). Még számos példát hozhatnánk fel, mindegyikre ez a jellemző. Ebből az a következtetés vonható le, hogy ezt a kőanyagot a bíbor ruházathoz hasonlóan *méltóságjelzőnek* tekintették. A *„porphyrogenetos” (bíborban született)* kifejezés a bizánci császári udvarban nem a ruházatra vonatkozott, hanem a bíborkővel burkolt palota-teremre! A kőzet felhasználása félbemaradt az arab hódítással: az egyetlen kőbánya nem működött tovább. A *velencei Signoria* hirdetményei azonban végig porfírtáblán jelentek meg.

17. fénykép.
Augustus mellszobra, bíborkő



18. fénykép.
Dísztárgy a római császári palotából



19. fénykép.
A tetrarchák (Velence, Doge palota)

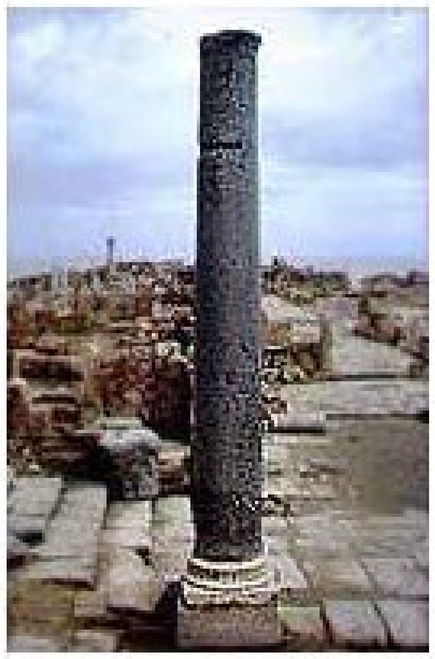
Ez a jelenség még egy gondolatot ébreszt. Nem ismerjük ugyanis, hogy pontosan milyen volt az *ókori bíbor szín*. Nem, mert a ránk maradt ruhadarabok, foszlányok mind fakultak. A festéket adó *bíborcsigát* az emberi kapzsiság kiirtotta. Ha azonban nagyon sok vöröses színű kőzet közül ez az egyetlen volt méltó a bíbor ruha mellett a méltóság kifejezésére, akkor talán ennek a színe felelt meg a bíbor öltözetnek.

---

4. A beépített kőanyagok származása

Sok esetben fontos adat, hogy egy (vagy több) adott helyen beépített kőanyag kőbányája hol fekszik. Ennek eldöntése nem mindig olyan egyszerű, mint a bíborporfír esetében, a kőzettanilag azonos jellegű kőzetek között gyakran nehéz választani.

20. fénykép.
Római kori gránitoszlop, Ják



21. fénykép.
A 20. fénykép gránitjának megfelelő oszlop Ciprus szigetén

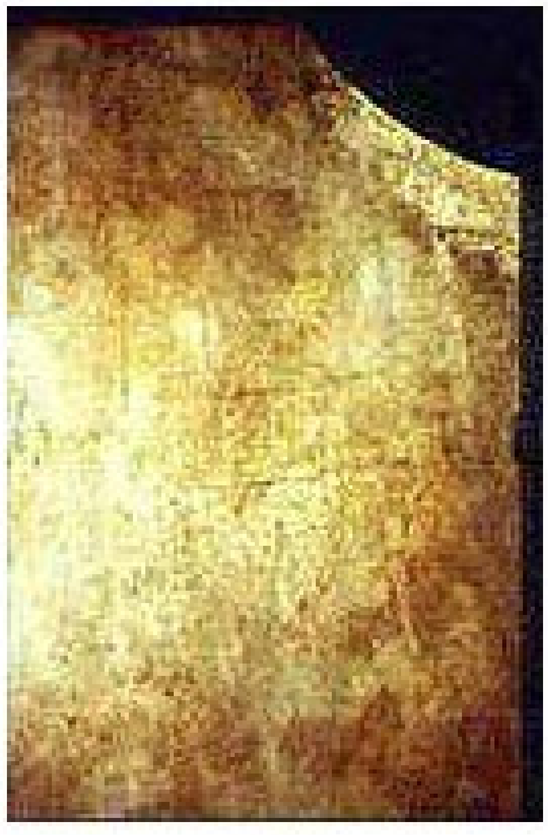
Egy építkezéshez a kőanyagot csak olyan helyről (távolságból) szállíthattak, amely az adott kor gazdasági, politikai, tulajdoni, műszaki viszonyai között elérhető volt. Ez a *mértékadó földrajzi tartomány*. A magyar középkor építményei márvány anyagának mértékadó földrajzi tartományába már nem illett bele a görögországi márványok területe (a kőbányák már nem működtek, a szállítást a török hódítás eleve lehetetlenné tette), e márványok a magyar épületekbe másodlagosan, római maradványokból kerültek, ezért a mértékadó földrajzi tartományt a római birodalom körülményei között kell keresnünk.

A birodalom területén a szállítás nagy távolságra is lehetséges volt. Például a *Szombathelyről* (*Iseum*) ismeretes *gránitoszlopokat* megtalálhatjuk másodlagosan beépítve a *székesfehérvári bazilikában*, újkori emlékműként is felhasználva *Jákon* (*20. fénykép*). Hasonló gránitoszloppal

a gránit nélküli *Ciprus szigetén* is találkozhatunk (*21. fénykép*). A birodalom idejének mértékadó földrajzi tartományát elemezve valószínűsíthetjük, hogy mindkét gránitot a mai észak-olaszországi *Baveno* környékén bányászták. A Magyarországon régebben feltételezett morvaországi kőbánya kívül esik a római limesen, ezért nem tekinthető valószínűnek.

Bizonyos esetekben nem nyilvánvaló azonnal a felhasználás másodlagos jellege. Példánk *Nagy Károly trónusa az aacheni székesegyházban* (*22. fénykép*). Anyaga márvány, ilyen kőanyag a távolabbi környéken sem ismeretes. Régi vita az, hogy honnan került oda a kőanyag, illetve, hogy az egész trónszéket szállították-e oda Rómából, Bizáncból vagy a Szentföldről, hiszen *Nagy Károly* a római császárok utódjának tekintette magát. Így az első kérdés az, hogy a kőanyagot elsődlegesen e célból fejtették és alakították ki, vagy pedig másodlagosan használták fel. Ennek eldöntésére egy megfigyelés segítségünkre lehet.

22. fénykép
Nagy Károly trónszéke, Aachen



23. fénykép
A trónus jobb oldallemeze súroló fényben

24. fénykép
A trónus lépcsősora

A trón kőlapokból áll. A jobb oldali oldallemezt megfigyelve megállapítható, hogy abba egy malomjáték hálózata van belekarcolva (*23. fénykép*). Ez azt is jelenti, hogy az a lemez valamikor vízszintes kellett, hogy legyen, függőleges lapon a játék nem lehetséges. Ezért az a valószínű, hogy a trónt a Rajna-vidék valamely római építményének vízszintes (pl. járó-) felületéből alakították ki. A másodlagos felhasználást alátámasztja a trónlépcső: a legömbölyített alak arra utal, hogy oszlopokból alakították ki (*24. fénykép*).

Miután egy-egy műemlék elemzése nem világít rá az összefüggésekre, már régebben készítettek *kataszterekét,* amelyek a kőzettani adatokat, így az esetleges származást is tartalmazták. Jelenleg folyik *Horler M.* kezdeményezésére az összes magyarországi kőtár ilyen feldolgozása *(Lapidarium Hungaricum),* a (Trianon-előtti) Magyarország kőbányáinak áttekintését *Schafarzik F.* ismert *kőbánya-kataszterében* találhatjuk meg (1904). Több munka foglalkozott egy-egy kőzetanyag műemléki felhasználásának értékelésével.

25. fénykép.
A simontornyai vár a reneszánsz loggiával

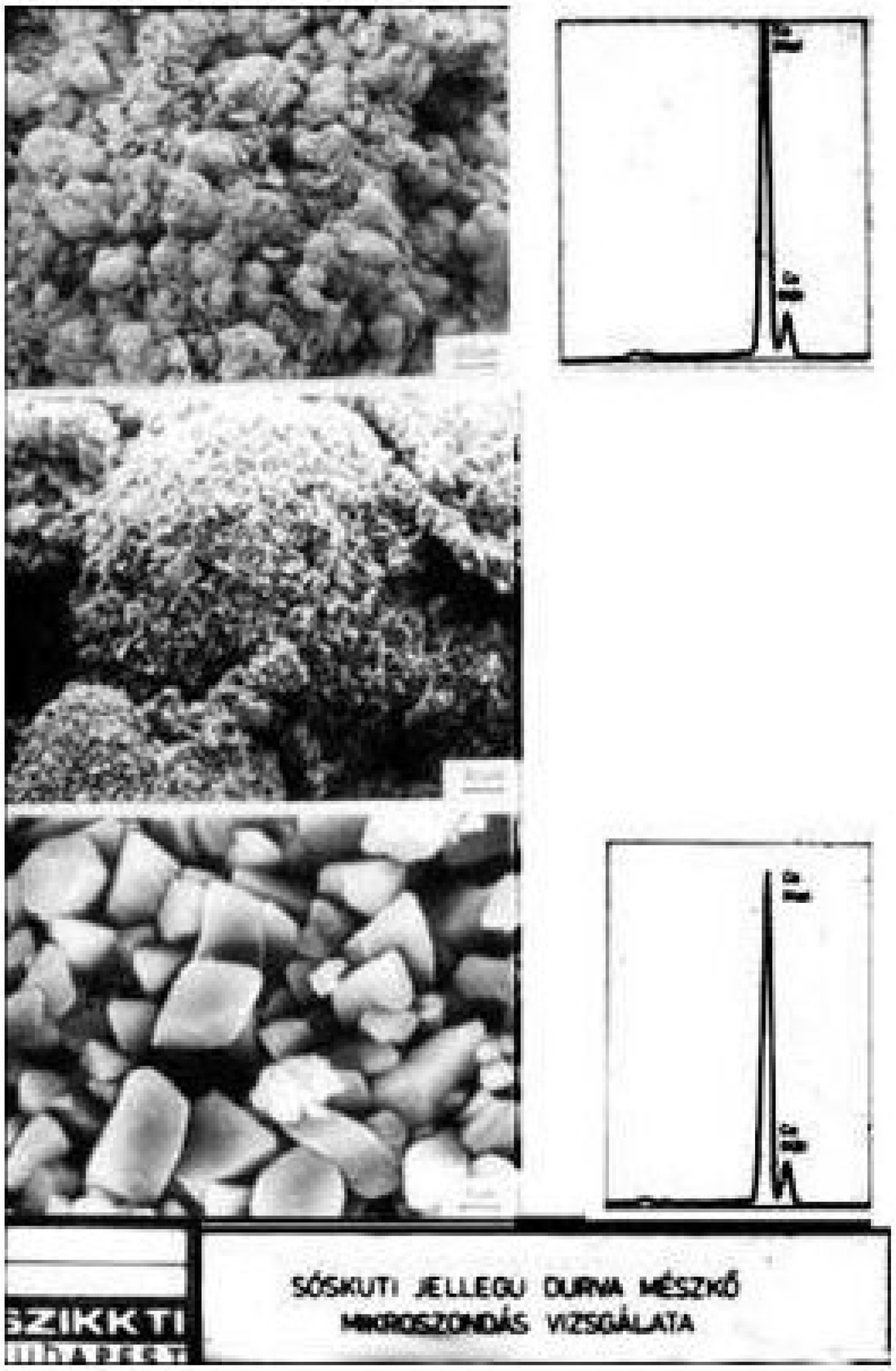
Érdekes eredményt szolgáltatott egy eleddig műemléki felhasználásban ismeretlen kőanyag megjelenése. Először a *simontornyai* kőzettani feldolgozás során került elő (*25. fénykép*), majd az ország számos területén megtalálták, de kizárólag a Jagelló-reneszánsz építményeiben a reneszánsz loggiák, korlátok anyagaként. Ez a kőanyag a budai márga és a bryozoás márga mészben dús padjaiból származik; előfordulásának földtani lehetősége ezen időszak mértékadó földrajzi tartományában (a Kárpát-medence távolabbi környezetében) kizárólag a *Budai-hegység*.

Régóta vita volt arról, hogy a *Mátyás* idejében működő központi királyi kőfaragó műhely a reneszánsz időben tovább működött-e vagy pedig a helyi kiskirályok új műhelyeket hoztak-e létre. Amennyiben a számos helyen (például Buda, Nyírbátor, Bács, Siklós, Sümeg, Esztergom reneszánsz épületén) meghatározható kőanyagot mind egyetlen budai kőbányában fejtették, nagyon valószínű, hogy a központi bánya anyagát egyetlen központi műhely dolgozta fel.

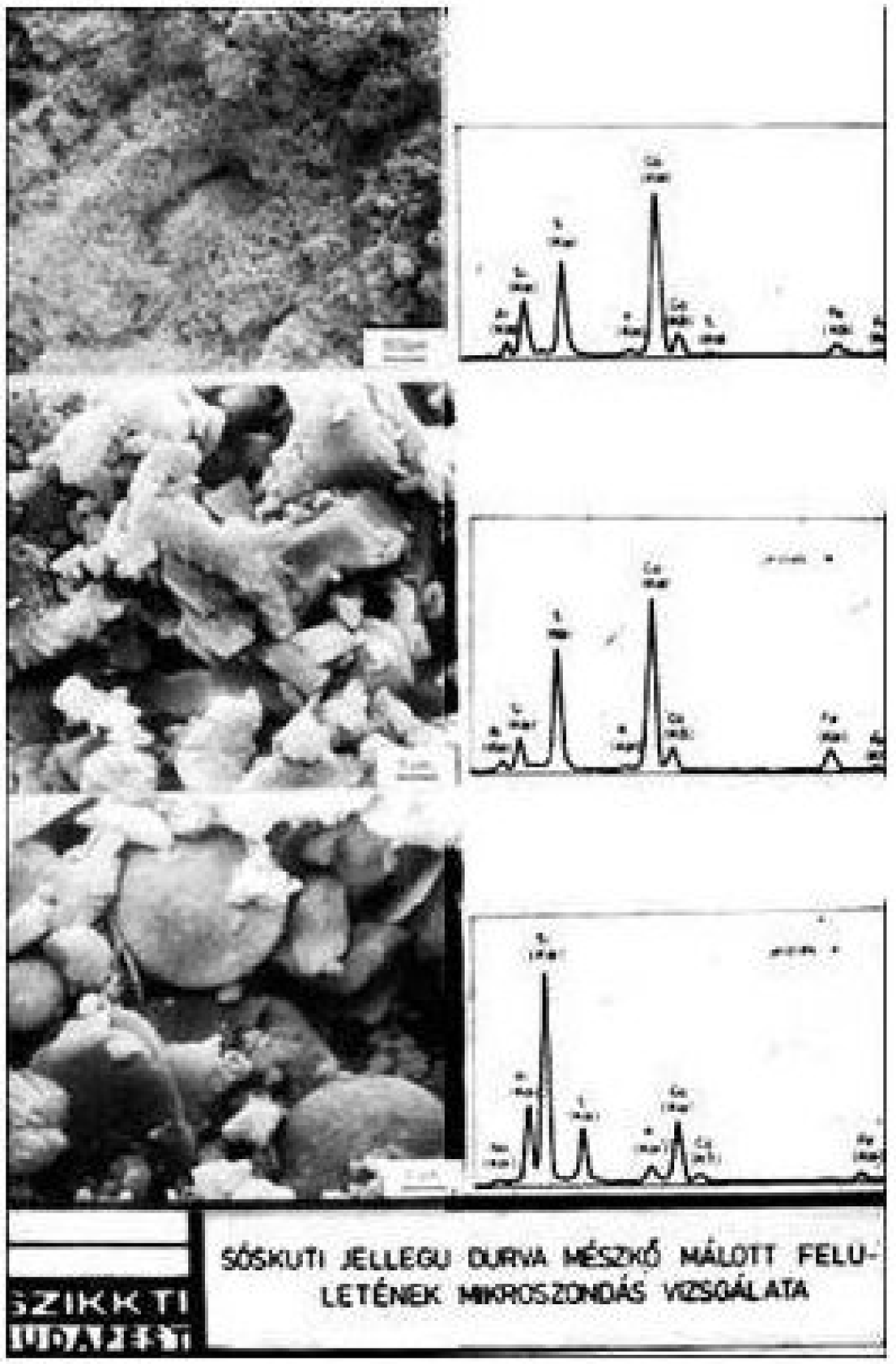
Hasonlóan értékes eredményre vezetett magyarországi (pannóniai) *mozaikok* elemzése. A *Herkules-mozaikkal* kapcsolatban merült fel a kérdés, hogy helyben készítették-e Aquincumban, vagy készen hozták ide Rómából vagy Alexandriából. Ismeretes, hogy a mozaikok fehér színét mindenütt márvány adja, ahol a márvány előfordul. E mozaikban (és más hazai mozaikokban) a fehér szín *dachsteini mészkőtől* származik. További elemzés azt mutatja, hogy a felhasznált kőanyagok együttese (pl. júra mészkő, eocén mészkő) megegyezik a dunántúli kőzetválasztékkal, így a kérdéses mozaik helyben készülhetett, esetleg rangos művész keze nyomán. Minden magyarországi mozaikban ez a helyzet, csak *Szombathelyen* jelenik meg a valódi márvány.

5. Jelenlegi (a műemléken változott) tulajdonságok

A kőanyagok mállását és védelmét az utóbbi években számos dolgozat taglalta és ezek újabb és újabb kőzettani érdekességeket is szolgáltattak. Említettük már *fizikai hatás*ként az érdesedésből származó színváltozást, kémiai-anyagszerkezeti változásként ismeretes a kalcit-gipsz átalakulás kéregképző hatása (*26. és 27. fénykép*).



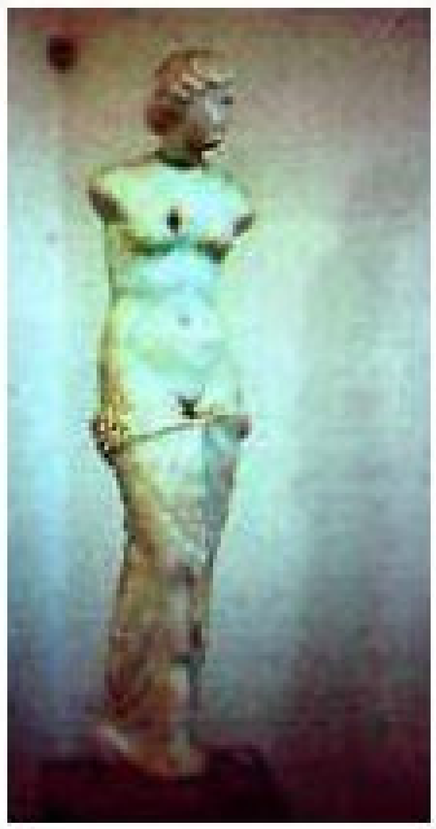
26. fénykép
Üde szarmata durva mészkő szövete és összetétele



27. fénykép
Mállott szarmata durva mészkő szövete és összetétele, jól láthatók a szennyező elemek (S, Fe, Na stb.)

Helyi, vegyi *mállási* jelenséget okozhat például a pirit jelenléte (*28. és 29. fénykép*). A piritből kialakuló vas-oxid a kőzetet festi, a kénessav vagy kénsav a szövetet lazítva elősegíti a barnás festődés beszívódását.

A különböző beavatkozási lehetőségekről és a kőzetvédelem kérdéseiről más anyagok igen bőven szólnak.



28. fénykép.
Márványszobor (Ciprus) mállási folttal

29. fénykép.
A 28. fénykép közelképe

---

30. fénykép.
A Petra tou Romiou, Aphrodite születési helye

Végül egy tektonikai érdekesség. Tudjuk, hogy a hagyomány szerint *Aphrodite* a tengerből kiemelkedve született, a ciprusiak azt is tudják, hogy ezen a mészkőszirten (*30. fénykép*) pihent meg először. A mészkőszirt (Petra tou Romiou) azonban az egyetlen olyan felszíni kőanyag a szigeten, amely már az afrikai táblához tartozik. Így az idegenből érkezett istennő idegen kőzetkörnyezetben jelent meg először.